

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-104937

(43) 公開日 平成8年(1996)4月23日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C	21/02			
C 2 2 F	1/043			
	1/057			

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平6-263107	(71) 出願人	000004743 日本軽金属株式会社 東京都港区三田3丁目13番12号
(22) 出願日	平成6年(1994)10月3日	(71) 出願人	390008822 アート金属工業株式会社 東京都中央区銀座6丁目14番5号
		(72) 発明者	北岡 山治 東京都港区三田3丁目13番12号 日本軽金属株式会社内
		(72) 発明者	滑川 祥児 東京都港区三田3丁目13番12号 日本軽金属株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小倉 亘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温強度に優れた内燃機関ピストン用アルミニウム合金及び製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高温強度が改善されたピストン用アルミニウム合金を得る。

【構成】 この内燃機関ピストン用アルミニウム合金は、Cu: 3~7%, Si: 8~13%, Mg: 0.3~1.0%, Fe: 0.1~1.0%, Ti: 0.01~0.3%, P: 0.001~0.01%, Ca: 0.0001~0.01%及び必要に応じてNi: 0.2~2.5%を含み、P/Caが重量比で0.5~50の範囲に調整されている。冷却速度20℃/秒以下で鋳造し、480~510℃に3~10時間加熱する溶体化処理、温水中に焼入れ、160~230℃に2~10時間加熱する時効処理を経た後、目標形状に機械加工される。

【効果】 初晶Siを微細化し、共晶Siの成長を促進させることにより、優れた耐摩耗性を維持し、且つ高温強度が改善される。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Cu: 3~7重量%, Si: 8~13重量%, Mg: 0.3~1.0重量%, Fe: 0.1~1.0重量%, Ti: 0.01~0.3重量%, P: 0.001~0.01重量%及びCa: 0.0001~0.01重量%を含み、P/Caが重量比で0.5~50の範囲に調整されている高温強度に優れた内燃機関ピストン用アルミニウム合金。

【請求項2】 更にNi: 0.2~2.5重量%を含む請求項1記載の高温強度に優れた内燃機関ピストン用アルミニウム合金。

【請求項3】 初晶Siの平均粒径が40 $\mu$ m以下で、共晶Siの平均長さが20 $\mu$ m以上の铸造組織をもつ請求項1又は2記載の高温強度に優れた内燃機関ピストン用アルミニウム合金。

【請求項4】 請求項1又は2記載の組成をもつアルミニウム合金溶湯を冷却速度20℃/秒以下で铸造した後、480~510℃に3~10時間加熱する溶体化処理を施し、直ちに温水に焼入れ、次いで160~230℃に2~10時間加熱する時効処理を施し、空冷した後、目標形状に機械加工する内燃機関用アルミニウム合金製ピストンの製造方法。

【請求項5】 請求項4の方法で製造された内燃機関用ピストン。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ディーゼルエンジン、ガソリンエンジン等の内燃機関に組み込まれるピストン等として好適な高温強度に優れたアルミニウム合金及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 Siを12.6重量%以上含有する過共晶Al-Si合金は、熱膨張係数が小さく、耐摩耗性に優れている。また、溶湯が凝固する際に高硬度の初晶Siが晶出するため、耐摩耗性が要求される内燃機関のピストンとして使用されている。しかし、初晶Siが大きく成長するため、機械加工性に劣る。この点、亜共晶Al-Si合金では、共晶Siの晶出もあり、加工性の改善も見られる。亜共晶Al-Si合金の代表的なものとして、AC8Aがある。最近の内燃機関では、エネルギー資源の有効利用から燃焼効率を上昇させる傾向にある。燃焼効率を向上させようとするとき燃焼温度が上昇し、これに伴って内燃機関に組み込まれている各種部品、特にピストンの材質として200℃付近の温度域で高い高温強度が要求される。

【0003】 高温強度を改善したピストン用アルミニウム合金としては、T5熱処理でも十分な高温強度及び耐熱衝撃性をもつものが特開昭57-79410号公報で紹介されている。この合金においては、Si含有量を8.5~13.5重量%の範囲に規制すると共に、Sb

添加によって共晶Siを改良している。また、特開昭55-24784号公報では、Fe系基材をAl-Si-Cu-Mg合金で铸ぐるみピストンを製造するとき、铸造後に480~520℃に1~8時間加熱する熱処理によって耐熱衝撃性を改善している。Al-Si合金は、硬質の初晶Siが晶出することに起因して優れた耐摩耗性を呈するが、初晶Siが大きく成長した铸造組織になり易い。この状態で加工を施すと、初晶Siやアルミニウムマトリックスとの界面等に亀裂が入り、目的とする製品が得られないばかりでなく、機械的性質も十分でない。特に、切削加工の際に、初晶Siに起因するカジリが発生する欠点がある。初晶Siは、急冷凝固法によって微細化される。たとえば、粉末法を採用したり、特開昭52-129607号公報にみられるような溶湯圧延法によってアルミニウム合金溶湯を急冷凝固し、铸造組織の微細化を図っている。

【0004】 アルミニウム合金溶湯をP処理することによっても、初晶Siを微細化することができる。P添加によって初晶Siを微細化し、加工性及び機械的性質の改善を図っている。添加されたPは、金属間化合物Al<sub>3</sub>Pを形成し、この金属間化合物Al<sub>3</sub>Pが初晶Siの微細化に作用するものと考えられている。たとえば、特開昭52-153817号公報では、ヘキサメタリン酸ナトリウム及びアルミナの融合物をアルミニウム合金溶湯に添加し、初晶Siの偏析を抑制し、铸造組織の微細化を図っている。また、特開昭60-204843号公報では、Cu-P合金、赤燐、リン酸ソーダ、リン酸カルシウム等のP含有物質で16~25重量%のSiを含有する過共晶Al-Si合金を処理することが紹介されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、金型铸造、DC铸造のようにインゴットを経る方法では、P添加のみでは微細化が不十分な場合が多く、特に押出し材、鍛造材等として使用するとき、加工時における初晶Siの割れが問題となる。初晶Siを微細化するP添加の作用は、Al-Si合金がNa又はCaを含むときに失われがちである。この点に関し、たとえば財団法人素形材編集「昭和59年度ハイシリコン・アルミニウム合金ダイカストの開発研究報告書(I)」第24~25頁では、次のように説明されている。Al-Si合金に含まれているNa及びCaがPと反応してNa<sub>3</sub>P及びCa<sub>3</sub>Pを形成し、初晶Siの微細化に作用するAl<sub>3</sub>Pの生成が妨げられる。そのため、初晶Siの微細化を狙ったP添加は、適用対象がNaやCaをなるべく含まない過共晶Al-Si合金に限られていた。

【0006】 Caは、共晶Siを改良する作用を呈し、亜共晶合金の引張り特性や衝撃値等の性質を改善する有効な合金元素である。しかし、Al-Si合金においては、Caが初晶Si微細化のために添加されるPの作用

を阻害することと、逆にPがCaによる共晶組織の改良作用を阻害する。そのため、この系の合金において、初晶Siの更なる微細化によって加工性等を向上しようとするとき、P処理のみでは不十分であり、特殊な設備を必要とする溶湯圧延法等の急冷凝固に頼らざるを得ない。本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、P/Ca比のコントロールにより、金型铸造、DC铸造のようにインゴットを経る方法であっても十分に微細化した初晶Siを晶出させ、且つCu, Si, Mg, Fe, Ti等の成分を相関的に調整することによって、高温性、耐摩耗性及び加工性に優れたピストン用Al-Si合金を提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の内燃機関ピストン用アルミニウム合金は、その目的を達成するため、Cu: 3~7重量%, Si: 8~13重量%, Mg: 0.3~1.0重量%, Fe: 0.1~1.0重量%, Ti: 0.01~0.3重量%, P: 0.001~0.01重量%及びCa: 0.0001~0.01重量%を含み、P/Caが重量比で0.5~50の範囲に調整されていることを特徴とする。このアルミニウム合金は、更にNi: 0.2~2.5重量%を含むこともできる。本発明に従った内燃機関ピストン用アルミニウム合金は、前述した組成をもつアルミニウム合金溶湯を冷却速度20℃/秒以下で铸造した後、480~510℃に3~10時間加熱する溶体化処理を施し、直ちに温水に焼入れ、次いで160~230℃に2~10時間加熱する時効処理を施し、空冷した後、目標形状に機械加工することにより製造される。铸造後の組織は、初晶Siの平均粒径が40μm以下で、共晶Siの平均長さが20μm以上になっている。

【0008】以下、本発明のアルミニウム合金に含まれる合金元素及びその含有量等について説明する。

Cu: 3~7重量%

高温強度及び高温疲労強度の向上に有効な合金元素であり、Cu添加の効果は固溶状態で顕著となる。Cu含有量が3重量%未満では、高温強度が不足する。しかし、7重量%を超える多量のCuが含まれると铸造時にAl<sub>2</sub>Cu等の大きな晶出物が生成し、铸造割れが発生し易くなる。また、多量にCuを添加しても、増量に見合った強度改善の効果も得られない。

Si: 8~13重量%

耐摩耗性の向上及び熱膨張係数の低減に有効な共晶Siとなる必須の合金元素であり、湯流れを良好にする作用も呈する。また、共存しているMgと反応し、時効硬化に有効なMg<sub>2</sub>Siをも生成する。Si含有量が8重量%に達しないと、α-Alが主体となり、耐摩耗性や高温強度が低下し、熱膨張係数が大きくなる。逆に、13重量%を超えるSi含有量では、初晶Siのサイズが大きくなり、かつ分散量も多くなる。その結果、応力集中

による高温強度の低下を招く。

【0009】Mg: 0.3~1.0重量%

Siと結合し、時効硬化に有効なMg<sub>2</sub>Siを生成する。Mg含有量が0.3重量%に達しないと、十分な時効作用が得られない。逆に、1.0重量%を超えるMg含有量では、铸造時に多量のMg<sub>2</sub>Siが晶出し、機械的性質を低下させる。

Fe: 0.1~1.0重量%

高温強度の向上に有効な合金元素であり、0.1重量%以上のFe含有量で効果が顕著となる。Feは、金属間化合物として晶出し、高温での強度を改善する。しかし、1.0重量%を超えるFe含有量では、Feを含む金属間化合物が数百μmの大きな晶出物となり、却って高温強度を低下させる。

【0010】Ti: 0.01~0.3重量%

α-Alを微細化し、材質を均質化する上で有効な合金元素である。Ti含有量が0.01重量%以上になると、α-Alがマクロ結晶粒で直径10mm以下となり、微細化による効果が顕著になる。しかし、0.3重量%を超えるTi含有量では、Al-Ti系の大きな晶出物が生成し、機械的性質を劣化させる。Tiは、Ti-B系の微細化剤として添加することができる。この点で、0.03重量%以下のBの共存も許容される。

P: 0.001~0.01重量%, Ca: 0.0001~0.01重量%

P及びCaの共存によって、初晶Siの粗大化が抑制され、高強度が維持される。また、共晶Siが大きくなり、耐摩耗性の改善が図られる。しかし、0.01重量%を超えるPや0.01重量%を超えるCaは、湯流れ性を悪化させ、铸造組織を不均一にする。

【0011】本発明で規定した合金系では、Si含有量に応じて共晶Si及び初晶Siが共存し、或いは初晶Siがほとんどみられない組織となる。本発明では、内燃機関用ピストンとして要求される性能を共晶Siに依っている。また、初晶Siが晶出しても、平均粒径が小さいと、高温強度に悪影響を与えず、却って耐摩耗性に優れた材料が得られる。

P/Ca (重量比): 0.5~50

共晶Si及び初晶Siのサイズは、P/Ca重量比で制御できる。P/Ca重量比の調整による作用自体は本発明者等が特願平4-244259号公報、特願平5-161380号等で紹介したところであるが、P/Ca重量比が0.5に達しないと、共晶Siの平均長さが20μm未満になり、耐摩耗性の劣化を招く。逆に50を超えるP/Ca重量比では、P量の増加に起因して溶湯の粘度が上昇し、安定した組織が得られ難くなる。

【0012】P/Ca重量比の調整は、含有量が規定された合金成分と関連して铸造組織に晶出する共晶Si及び初晶Siを最適化する。本発明で規定したP含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比は、図1に示す領域で表

される。図1の点線は、本発明の概念を説明するために付したものであり、完全には定量的なものではないが、実験的には近傍を表示しているものと考えられる。本発明で規定した合金系では、Si含有量がおよそ11重量%を超えると、 casting時の冷却速度にも依るが初晶Siが晶出し易くなる。冷却速度が10~20℃/秒では10~11重量%のSi含有量で初晶Siが晶出し、冷却速度10℃/秒以下の徐冷になると11~12重量%のSi含有量で初晶Siが晶出してくる。そして、共晶Siの外に初晶Siが晶出する組成及び冷却条件下で図1の範囲④になると、初晶Siが微細化しにくくなる。この点、初晶Siが晶出する場合、P含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比が図1の領域①~③にあるように調整する必要がある。

【0013】実験結果から、初晶Siの結晶核として働く化合物が領域①~③で次のように異なるものと推察される。領域①では主としてAl-P系化合物、領域②ではAl-P系化合物及びP-Ca系化合物、領域③では主としてP-Ca系化合物が初晶Siの結晶核になる。他方、領域④では、Al-P系、P-Ca系化合物が少ないため、初晶Siを十分に微細化する作用が発揮されない。一方、初晶Siが少ない条件、すなわちSi含有量が11重量%付近より少ない条件下では、Siが共晶として晶出する。そのため、図1に示した領域のどこでも、共晶Siの平均長さが20μm以上となる。換言すると、直線D-Cより下のP、Ca量では、共晶Siが20μm以下に微細化され、耐摩耗性が劣化する。そのため、内燃機関のピストンとして要求される特性が満足されない。P含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比を適正に維持するため、アルミニウム合金溶湯を溶製する場合にも工夫が必要とされる。すなわち、Pは溶湯中に比較的残存し易いが、Caは活性であるため含有量変動し易い。そこで、 casting直前にCaを添加し、 castingされる合金溶湯のCa含有量を規定範囲に維持する。

【0014】Ni: 0.2~2.5重量%  
必要に応じて添加される合金元素であり、200℃付近における耐熱性、高温強度を改善する。Ni添加の効果は、0.2重量%以上で顕著になる。しかし、2.5重量%を超える多量のNiを含ませると、伸びが低下し、アルミニウム合金を脆くする欠点が見れる。本発明に従ったアルミニウム合金においては、その他の合金元素として、Na、Mn、Zr等を含むことがある。Naは、不純物として混入してくる元素であり、共晶Siを微細化する作用を呈することから、上限を20ppmにすることが望ましい。Mnは、Fe/Mn重量比が約1のとき、針状のAl-Fe系化合物を塊状にし、 casting性及び湯流れ性を改善し、ヒケ巣の防止に有効に作用する。Zrは、結晶粒微細化に有効であり、0.3重量%以下の量でTiと同時に或いはZr単独で添加することもできる。

【0015】初晶Si: 平均粒径が40μm以下  
過共晶Al-Si合金の高温強度は、初晶Siの大きさに大きく影響される。必要とする高温強度を確保する上から、初晶Siの平均粒径を40μm以下に規制することが必要とされる。

共晶Si: 平均長さが20μm以上

硬質の共晶Siは、耐摩耗性の改善に有効である。このような効果は、共晶Siの平均長さが20μm以上になると顕著に現れる。

10 casting時の冷却速度: 20℃/秒以下

平均長さ20μm以上に共晶Siを成長させるためには、 casting時の冷却速度を20℃/秒以下に設定することが必要である。冷却速度が20℃/秒を超えると、平均長さが20μmに満たない共晶Siが晶出し易く、耐摩耗性が劣化する。なお、本発明では、金型 castingや溶湯鍛造法が採用され、ピストンの素形材に castingされる。実際の金型 castingでは溶湯の冷却速度が8℃/秒、溶湯鍛造法では3~4℃/秒である。

【0016】溶体化処理: 480~510℃に3~10時間加熱

20 本発明で規定した合金系では、Cu及びMgを十分に固溶させる必要がある。溶体化処理では、十分な固溶を図る上で、480~510℃に3~10時間加熱する。加熱温度が510℃を超える高温ではバーニング現象が現れ、480℃に達しない低温では十分な固溶が図れない。固溶による効果は、10時間で飽和し、それ以上の長時間をかけても特性の改善が見られない。逆に、3時間に満たない加熱では、固溶が不十分である。溶体化処理後のアルミニウム合金は、温水焼入れされる。水焼入れでは、Cu含有量が多いことから焼き割れが発生し易い。

30 時効処理: 160~230℃に2~10時間加熱

本発明で規定した合金系は、加熱温度160℃以上の時効処理でMg<sub>2</sub>Siが析出し、強度が向上する。しかし、230℃を超える加熱では、過時効により却って強度が低下する。1時間に達しない短時間加熱では効果が小さく、10時間を超えて加熱しても長時間化に見合った改善がみられない。

【0017】

40 【実施例】

実施例1: Si: 10.5重量%, Cu: 6.0重量%, Mg: 0.5重量%, Fe: 0.4重量%, Ti: 0.1重量%, B: 0.0006重量%, Mn: 0.4重量%, Na: 0.0004重量%及びZr: 0.0001重量%を含み、P含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比を表1に示すように調整したアルミニウム合金溶湯を溶製した。各アルミニウム合金溶湯を、冷却速度8℃/秒で760℃からJIS4号舟型に castingした。なお、冷却速度は、舟型を200℃に加熱することによって調整した。得られた鋳塊に500℃×6時間の溶体化

処理を施し、60℃の温水に焼き入れた後、220℃×  
6時間の時効処理を施し、空冷した。

【0018】

【表1】

表1：アルミニウム合金溶湯のP含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比

試験番号	P含有量	Ca含有量	P/Ca重量比	区分
1	10	30	0.3*	比較例
2	10	18	0.6	本発明例
3	20	10	2.0	〃
4	50	5	10	〃
5	60	3	20	〃
6	80	2	40	〃
7	120*	2	60*	比較例
8	15	20	0.8	〃
9	50	20	2.5	本発明例

P含有量及びCa含有量の単位はppm

試験番号8、9のSi含有量は12.0重量%、他は10.5重量%

\*印は、本発明で規定した範囲を外れる値

【0019】時効処理された各合金から、切削加工により常温摩耗試験片及び高温引張り試験片を切り出した。高温試験は、200℃に100時間予備加熱した後の試験片を対象とした。常温摩耗試験は、フリクション型摩耗試験機を使用し、相手材を鋳鉄FCMP70とし、過重50kgf/mm<sup>2</sup>、摺動速度0.23m/秒、摺動距離3km、潤滑剤使用の条件下で行った。試験結果を、初晶Si及び共晶Siのサイズと併せて表2に示す。試験番号1～7から、初晶Siの出現は、P含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比に依存していることが判る。すなわち、P含有量が少なくCa含有量が多いと、初晶Siが出現しにくくなっている。これは、Al-Si状態図において共晶点が右側にずれるためと考えられる。一方、P含有量が多いと、共晶点が左側にずれ、初晶Siが出現する傾向が強くなる。この関係は、P/Ca重量比と相乗的に絡み合い、初晶Siを微細化すると共に、共晶Siを大きく成長させる。このようにして初晶Si及び共晶Siが改質された試験番号2～6では、引張り強さ、0.2%耐力、伸び等の機械的性質に優れ、且つ耐摩耗性も良好であった。本実施例で使用した各合金はSi含有量が10.5重量%と低く、しか

も冷却速度が遅いことから、初晶Siがほとんど晶出しない、或いは晶出しても僅少又は少量であった。しかし、P/Ca重量比に応じて共晶Siの平均長さが大きくなり、それと共に高温引張り強度が上昇し、摩耗量が急激に低下した。他方、P/Ca重量比が0.3の試験番号1では、共晶Siの平均長さが15μmと小さく、摩耗量も240mgと大きな値を示した。多量のPを含む試験番号7では、溶湯の粘度が上昇し、湯流れが悪く、試料に湯境が発生した。12.0重量%と多量のSiを含む試験番号8では、初晶Siが晶出しているものの、P含有量及びCa含有量が図1の領域④にあるため、初晶Siに対する微細化効果が小さく、大きな平均粒径をもつ初晶Siが晶出した。その結果として、200℃における高温引張り強さが低下している。試験番号9は、試験番号8とほぼ同じ組成をもつが、P含有量及びCa含有量を図1の領域②に調整している。その結果、初晶Siが微細化され、200℃の高温引張り強さも上昇している。

【0020】

【表2】

表2:各合金の共晶Si、初晶Si及び機械的特性

試験 番号	共晶Si 平均長さ ( $\mu\text{m}$ )	初晶Si 平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )	200℃引張り試験			摩耗量 常温 ( $\text{mg}$ )	備 考	区分
			$\sigma_s$	$\sigma_{0.2}$	$\delta$			
1	15*	—	232	211	2.0	240	初晶Si僅少	比較例
2	30	—	235	210	1.8	25	〃	本発明例
3	35	30	240	215	1.6	9	初晶Si少量	〃
4	42	15	247	224	1.4	8	〃	〃
5	50	13	245	220	1.3	8	—	〃
6	49	12	245	218	1.2	9	—	〃
7	—	—	—	—	—	—	溶流れが悪く	比較例
8	25	45*	220	216	0.6	7	溶境発生	〃
9	30	20	238	214	1.0	7	—	本発明例

- ・ $\sigma_s$ は引張り強さ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),  $\sigma_{0.2}$ は2%耐力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),  $\delta$ は伸び (%)を表す。  
 ・\*印は、本発明で規定した範囲を外れることを示す。

【0021】実施例2: Si: 10.5重量%, Cu: 6.0重量%, Mg: 0.5重量%, Fe: 0.4重量%, Ti: 0.1重量%, Ni: 0.5重量%, B: 0.0005重量%, Mn: 0.4重量%, Na: 0.0003重量%及びZr: 0.0001重量%を含み、P含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比を表3に示すように調整したアルミニウム合金溶湯を溶製した。各ア

ルミニウム合金溶湯を、実施例1と同じ条件下で铸造した。得られた鋳塊に500℃×6時間の溶体化処理を施し、60℃の温水に焼き入れた後、220℃×6時間の時効処理を施し、空冷した。

【0022】

【表3】

表3:アルミニウム合金溶湯のP含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比

試験番号	P含有量	Ca含有量	P/Ca重量比	区分
10	10	30	0.3*	比較例
11	10	18	0.6	本発明例
12	20	10	2.0	〃
13	50	5	10	〃
14	60	3	20	〃
15	80	2	40	〃
16	120*	2	60*	比較例
17	15	20	0.8	〃
18	50	5	10	本発明例

P含有量及びCa含有量の単位はppm

試験番号17, 18のSi含有量は12.0重量%, 他は10.5重量%

\*印は、本発明で規定した範囲を外れる値

【0023】得られた各合金の機械的特性を、共晶Si及び初晶Siと併せて表4に示す。この場合も、共晶Si及び初晶Siが適正に調整されたものでは、優れた特性が示された。また、Ni添加によって高温強度の改善

も図られた。

【0024】

【表4】

表4:各合金の共晶Si, 初晶Si及び機械的特性

試験 番号	共晶Si 平均長さ ( $\mu\text{m}$ )	初晶Si 平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )	200℃引張り試験			摩耗量 常温 (mg)	備 考	区分
			$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\delta$			
10	15*	—	234	212	1.8	210	初晶Si僅少	比較例
11	30	—	238	213	1.6	28	"	本発明例
12	35	30	243	216	1.4	10	初晶Si少量	"
13	42	15	250	227	1.3	8	"	"
14	50	13	247	223	1.1	7	—	"
15	49	12	247	220	1.0	7	—	"
16	—	—	—	—	—	—	漏流れが悪く	比較例
17	25	45*	223	217	0.4	6	漏れ発生	"
18	40	20	240	217	0.9	7	—	本発明例

・ $\sigma_b$ は引張り強さ(N/mm<sup>2</sup>),  $\sigma_{0.2}$ は2%耐力(N/mm<sup>2</sup>),  $\delta$ は伸び(%)を表す。  
 ・\*印は、本発明で規定した範囲を外れることを示す。

20

【0025】実施例3:表5に示すようにSi:10.5重量%, Cu:6.0重量%, Mg:0.5重量%, Fe:0.4重量%, Ti:0.1重量%, Ni:0重量%又は0.5重量%に成分調整し、更にB:0.0005重量%, Mn:0.4重量%, Na:0.0003重量%, Zr:0.0001重量%となるようにしたアルミニウム合金溶湯(試験番号19~24)を溶製し、種々の冷却速度で760℃からJIS4号舟型に铸込んだ。冷却速度は、2℃/秒付近を得る場合には舟型を400℃に加熱し、8℃/秒付近を得る場合には舟型を200℃に加熱し、15℃/秒付近を得る場合には銅製铸型を150℃に加熱し、30℃/秒付近を得る場合には

水冷構造をもった銅製铸型に冷却水を流すことによって調整した。得られた各合金铸物の共晶Si, 初晶Si, 機械的特性等を表6に示す。冷却速度が30℃/秒と早い試験番号21, 24では、P/Ca重量比が適正値にあるものの、共晶Siの平均長さが短くなっており、摩耗量が増加している。Naを含有量46ppmまで添加したAC8Aの試験番号25では、Na添加に起因して初晶Siがほとんど見られず、共晶Siも微細化されていることから、耐摩耗性が低下していた。

【0026】

【表5】

表5:使用したアルミニウム合金の種類と铸造時の冷却速度

試験 番号	合金成分及び含有量 (重量%)								P/Ca 重量比	溶湯の 冷却速度 (℃/秒)	区分
	Si	Cu	Mg	Fe	Ti	Ni	P	Ca			
19	10.6	6.0	0.5	0.4	0.1	—	0.0050	0.0005	10	2	本発明例
20	10.5	6.0	0.5	0.4	0.1	—	0.0050	0.0005	10	15	"
21	10.5	6.0	0.5	0.4	0.1	—	0.0050	0.0005	10	30*	比較例
22	10.5	6.0	0.5	0.4	0.1	0.5	0.0050	0.0005	10	2	本発明例
23	10.5	6.0	0.5	0.4	0.1	0.5	0.0050	0.0005	10	15	"
24	10.5	6.0	0.5	0.4	0.1	0.5	0.0050	0.0005	10	30*	比較例
25	11.8	0.95	0.88	0.32	0.02	1.21	0.0014	0.0025	0.5	8	"

・\*印は、本発明で規定した範囲を外れることを示す。

【0027】

【表6】

表6: 各種アルミニウム合金の物性及び機械的特性

試験 番号	共晶Si 平均長さ ( $\mu\text{m}$ )	初晶Si 平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )	200℃引張り試験			摩耗量 常温 (mg)	区分
			$\sigma_s$	$\sigma_{0.2}$	$\delta$		
19	60	25	235	220	0.8	5	本発明例
20	30	12	249	222	1.9	10	"
21	17*	10	250	220	2.5	80	比較例
22	60	25	231	222	0.7	5	本発明例
23	30	12	253	225	1.7	10	"
24	17*	10	250	221	2.2	75	比較例
25	<10*	-	187	159	4.1	300	"

・ $\sigma_s$  は引張り強さ (N/mm<sup>2</sup>)

・ $\sigma_{0.2}$  は2%耐力 (N/mm<sup>2</sup>)

・ $\delta$  は伸び (%)

・\*印は、本発明で規定した範囲を外れることを示す。

## 【0028】

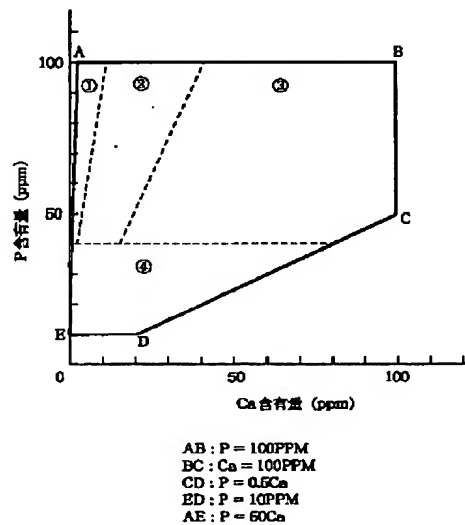
【発明の効果】以上に説明したように、本発明は、含有量が特定された成分・組成をもつAl-Si-Cu-Mg系合金においてP含有量、Ca含有量及びP/Ca重量比を調整することにより、共晶Siを大きく成長させると共に、初晶Siを微細化している。これにより、高

温強度、耐摩耗性等が改善され、内燃機関のピストンとして好適なアルミニウム合金が得られる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明で規定した領域をP含有量-Ca含有量のグラフで表す。

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 宮坂 禎輝

東京都港区三田3丁目13番12号 日本軽金  
属株式会社内

(72)発明者 甲藤 晴康

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号  
株式会社日軽研内



(72)発明者 中島 良一

長野県上田市下之郷813-6 アート金属  
工業株式会社研究開発センター内

(72)発明者 松瀬 康詩

長野県上田市下之郷813-6 アート金属  
工業株式会社研究開発センター内

(72)発明者 渡辺 智成

長野県上田市下之郷813-6 アート金属  
工業株式会社研究開発センター内